

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-167997

(43)Date of publication of application : 22.06.1999

(51)Int.Cl.

H05H 1/00  
 G23C 14/54  
 H01L 21/203  
 H01L 21/205  
 H01L 21/3065  
 H05H 1/46

(21)Application number : 10-270194

(71)Applicant : DAIHEN CORP

(22)Date of filing : 24.09.1998

(72)Inventor : NISHIMORI YASUHIRO  
 TANIGUCHI MICHIO  
 KONDO KAZUYOSHI

(30)Priority

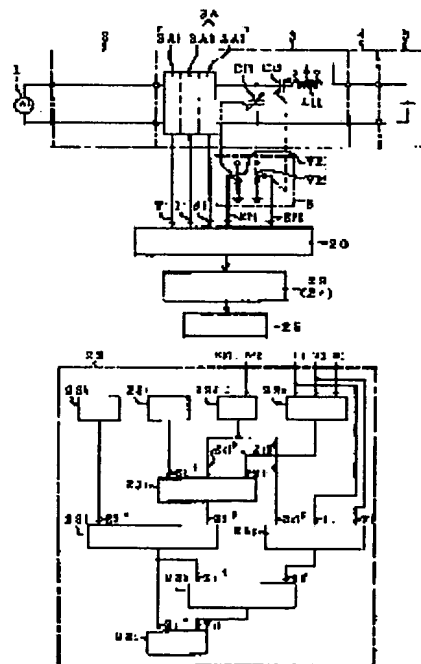
Priority number : 09284672    Priority date : 30.09.1997    Priority country : JP

## (54) PLASMA MONITORING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the measuring accuracy of the impedance of a plasma load or a voltage between peaks, in monitoring of the plasma state of the plasma load.

SOLUTION: An impedance conversion circuit 3 is inserted between a power source 1 and a load 5. A voltage detection portion 3A1 for detecting a voltage V1 at the power source side end of the conversion circuit 3, and a current detection portion 3A2 detecting a current I1, and a phase difference detection portion 3A3 detecting the phase difference  $\theta_1$  between the voltage and the current are provided. First input impedance computing portion 23c computing an impedance seeing a plasma load side from the power source side end of the conversion circuit 3 as the first input impedance Z1\* from the phase difference between the voltage and the current, and a second impedance computing portion 23e for computing an impedance seeing a load side from the load side end of the conversion circuit 3 as the second input impedance Z2\* from the constants ZC1\*, ZC2\*, ZL\* of elements constituting the conversion circuit 3 and the first input impedance are also provided. A plasma impedance computing portion 23 for computing a load impedance from the impedance Zs\* of a feeding line 4 which connects the load side end of the conversion circuit 3 and the second input impedance is further provided.



## LEGAL STATUS

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-167997

(13) 公開日 平成11年(1999) 6月22日

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

H 0 5 H 1/00  
C 2 3 C 14/54  
H 0 1 L 21/203  
21/205  
21/3065

F 1

H 0 5 H 1/00 A  
C 2 3 C 14/54 B  
H 0 1 L 21/203 S  
21/205  
H 0 5 H 1/16 A

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-270194

(22) 出願日 平成10年(1998) 9月24日

(31) 優先権主張番号 特願平9-284672

(32) 優先日 平 9 (1997) 9月30日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000262

株式会社ダイヘン

大阪府大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 11 号

(72) 発明者 西森 康博

大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 11 号 株式会  
社ダイヘン内

(72) 発明者 谷口 通夫

大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 11 号 株式会  
社ダイヘン内

(72) 発明者 近藤 一喜

大阪市淀川区田川 2 丁目 1 番 11 号 株式会  
社ダイヘン内

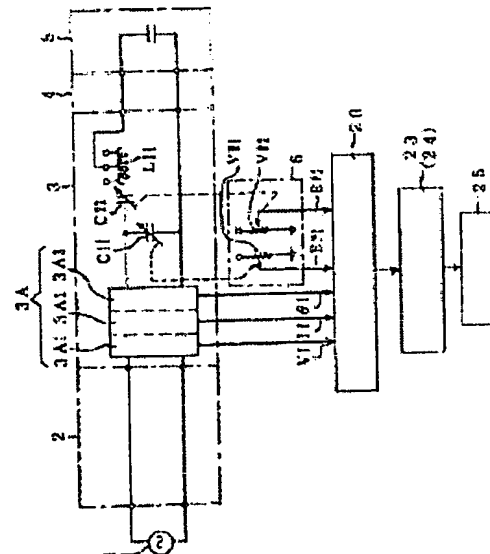
(74) 代理人 弁護士 中井 宏

(54) 【発明の名称】 プラズマ監視装置

(57) 【要約】

【課題】 プラズマ負荷のプラズマの状態の監視に際し、プラズマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度を向上させる。

【解決手段】 電源1 と負荷5 との間にインピーダンス変換回路3 を挿入しておく。変換回路の電源側端での電圧V1を検出する電圧検出部3A1 と、電流I1を検出する電流検出部3A2 と、電圧と電流との位相差 $\theta 1$  を検出する位相差検出部3A3 と、電圧と電流と位相差とから変換回路の電源側端よりプラズマ負荷側を見たインピーダンスを第1の入力インピーダンスZ1\* として演算する第1の入力インピーダンス演算部23a と、変換回路を構成する素子の定数ZC1\*、ZC2\*、ZL\* 及び第1の入力インピーダンスから変換回路の負荷側端より負荷側を見たインピーダンスを第2の入力インピーダンスZ2\* として演算する第2の入力インピーダンス演算部23b と、変換回路の負荷側端と負荷との間をつなぐ給電線4 のインピーダンスZs\* 及び第2の入力インピーダンスから負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部23f を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波電源からインピーダンス変換回路を介して電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置において、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧を検出する電圧検出部と、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電流を検出する電流検出部と、

前記電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、

前記電圧と電流と前記位相差とから前記インピーダンス変換回路の負荷側端より前記プラズマ負荷側を見たインピーダンスを第2の入カインピーダンスとして演算する第2の入カインピーダンス演算部と、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端と前記プラズマ負荷との間をつなぐ給電線のインピーダンス及び前記第2の入カインピーダンスから前記プラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたプラズマ監視装置。

【請求項 2】 前記プラズマ負荷のインピーダンス及び前記電流から前記プラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えた請求項 1 に記載のプラズマ監視装置。

【請求項 3】 高周波電源からインピーダンス変換回路を介して電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置において、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧を検出する電圧検出部と、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電流を検出する電流検出部と、

前記電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、

前記電圧と電流と前記位相差とから前記インピーダンス変換回路の負荷側端と前記プラズマ負荷との間をつなぐ給電線の負荷側端での電圧及び電流を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部と、

前記給電線の負荷側端での電圧及び電流から前記プラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたプラズマ監視装置。

【請求項 4】 高周波電源からインピーダンス変換回路を介して電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置において、

前記インピーダンス変換回路の電源側端での電圧を検出する電圧検出部と、

前記インピーダンス変換回路の電源側端での電流を検出する電流検出部と、

前記電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、

前記電圧と電流と前記位相差とから前記インピーダンス変換回路の電源側端より前記プラズマ負荷側を見たインピーダンスを第1の入カインピーダンスとして演算する第1の入カインピーダンス演算部と、

前記インピーダンス変換回路を構成する素子の定数及び

前記第1の入カインピーダンスから前記インピーダンス変換回路の負荷側端より前記プラズマ負荷側を見たインピーダンスを第2の入カインピーダンスとして演算する第2の入カインピーダンス演算部と、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端と前記プラズマ負荷との間をつなぐ給電線のインピーダンス及び前記第2の入カインピーダンスから前記プラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたプラズマ監視装置。

【請求項 5】 前記電圧、電流及び前記インピーダンス変換回路を構成する素子の定数から前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電流を演算するインピーダンス変換回路負荷側端電流演算部と、

前記プラズマ負荷のインピーダンス及び前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電流から前記プラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えた請求項 4 に記載のプラズマ監視装置。

【請求項 6】 高周波電源からインピーダンス変換回路を介して電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置において、

前記インピーダンス変換回路の電源側端での電圧を検出する電圧検出部と、

前記インピーダンス変換回路の電源側端での電流を検出する電流検出部と、

前記電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、

前記電圧と電流と前記位相差とから前記インピーダンス変換回路の電源側端より前記プラズマ負荷側を見たインピーダンスを第1の入カインピーダンスとして演算する第1の入カインピーダンス演算部と、

前記インピーダンス変換回路を構成する素子の定数及び前記第1の入カインピーダンスから前記インピーダンス変換回路の負荷側端より前記プラズマ負荷側を見たインピーダンスを第2の入カインピーダンスとして演算する第2の入カインピーダンス演算部と、

前記電圧と電流と前記位相差とから前記高周波電源の有効電力を演算する実効電力演算部と、

前記第2の入カインピーダンス及び前記有効電力から前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧及び電流を演算するインピーダンス変換回路負荷側端電圧・電流演算部と、

前記インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧及び電流から前記インピーダンス変換回路の負荷側端と前記プラズマ負荷との間をつなぐ給電線の負荷側端での電圧及び電流を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部と、

前記給電線の負荷側端での電圧及び電流から前記プラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたプラズマ監視装置。

【請求項 7】 前記給電線の負荷側端での電圧から前記プラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えた請求項 3 または 6 に記載の

プラズマ監視装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高周波電源から電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体素子、LCD（液晶ディスプレイ）等の製造過程においては、エッチング、スパッタリング、薄膜成長等を行う際に、プラズマを用いるプロセス（プラズマプロセスという。）が行われる。プラズマプロセスにおいては、エッチング、スパッタリング、薄膜成長等の処理を行うチャンバ内に設けた2つの電極に高周波電力を供給して、この電極間にプラズマを発生させている。

【0003】このように、プラズマを生じさせるプラズマ負荷に高周波電力を供給する場合には、高周波電源とプラズマ負荷との間のインピーダンスの整合をとることが重要であり、両者間のインピーダンスの整合がとれない場合には、高周波電源の出力端で電力の反射が生じてプラズマ負荷に高周波電力を効率よく供給することができないため、そのプロセスにおいて好結果を得ることができない。

【0004】そのため、高周波電源からプラズマ負荷に電力を供給する場合には、高周波電源とプラズマ負荷との間に、C回路やトランス等からなるインピーダンス変換回路を挿入することが必要不可欠である。

【0005】図11は、従来の高周波電力からプラズマ負荷に電力を供給する回路構成を概略的に示した回路図である。図示するように、高周波電源（以下、電源という。）1から同軸ケーブル2とインピーダンス変換回路3'と給電線4とを通してプラズマ負荷5に電力が供給される。インピーダンス変換回路3'は、例えば第1の可変コンデンサC11と、タップを選択することによりインダクタンスを調整できるようになっているコイルL11と、第2の可変コンデンサC22とにより構成され、第1の可変コンデンサC11と第2の可変コンデンサC22の容量を変えることによりインピーダンスの整合を行うようになっている。

【0006】第1及び第2の可変コンデンサC11及びC22の調整を自動的に行わせるため、図示しない検出器により、インピーダンス変換回路3'の電源側端の電圧及び電流と、この電圧と電流との位相差とを検出し、この電圧と電流との比から、インピーダンス変換回路3'の電源側端より負荷5側を見たインピーダンスを検出して、このインピーダンスを電源の出力インピーダンスに一致させ、かつ上記位相差を零にするようにコンデンサC11及びC22を調整する。

【0007】上記の調整の内、負荷側を見たインピーダンスを電源の出力インピーダンスに一致させるための調

整は、主として第1のコンデンサC11の容量を調節することにより行われ、位相差を零にするための調整は、主として第2のコンデンサC22の容量を調節することにより行われる。

【0008】プラズマ負荷5は、図12に示すようにチャンバ5aと、2つの電極5b1、5b2と、インピーダンス変換回路3'からチャンバ5aに給電する給電部5c1、5c2と、電極5b1、5b2と給電部5c1、5c2とをそれぞれ接続する給電線4とにより構成される。なお給電線4は、チャンバ5a内に設けられているものとしているが、インピーダンス変換回路3'の負荷側端と給電部5c1、5c2とを接続する分が含まれる。

【0009】上記のプラズマプロセスにおいては、再現性よく行い、また半導体素子の歩留まりを向上するために、プラズマの状態を常に監視する必要がある。プラズマの状態を監視するには、例えばプラズマのインピーダンスまたはプラズマのピーク間電圧を計測すればよいことはよく知られている。

【0010】ところで、インピーダンス変換回路3'の負荷側端よりプラズマ負荷5側を見たインピーダンスには、プラズマが発生しているときの電極間に存在するインピーダンスとして、プラズマの内部抵抗と、プラズマと2つの電極5b1、5b2との間にそれぞれ発生するシースの静電容量とがある。また、インピーダンス変換回路3'の負荷側端とプラズマ負荷5とを接続する給電線4のインダクタンスがある。なお、インピーダンス変換回路3'の負荷側端と給電部5c1、5c2とは、直接接続できない場合が多く、この場合、所定長さの給電線4により接続する。

【0011】このようなインピーダンスが存在する場合、インピーダンス変換回路3'の負荷側端よりプラズマ負荷5側を見た等価回路は図13に示すようになり、この等価回路の電圧ベクトルは図14に示すようになる。VDはインピーダンス変換回路3'の負荷側端の電圧、VLは給電線4に発生する電圧、VR、VCはそれぞれプラズマの内部抵抗に発生する電圧及びシースの合成分静電容量に発生する電圧、VPは電極5b1、5b2間の電圧である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】本来、電極5b1、5b2間に発生する電圧VPを検出しなければならないところ、このVPを検出するためのリード線をチャンバ5a外に引き出すために、チャンバを改造する必要があるが、この改造が複雑となるので、従来はインピーダンス変換回路3'の負荷側端の電圧VDを検出していた。ところが、図14から明らかなように、VDは、VPに対し、給電線4の長さ、すなわち給電線に発生する電圧VLの影響を受けるために、ピーク間電圧も精度の欠いた値を検出するという問題があった。

【0013】例えば、プラズマプロセスで最も使用頻度の高い13.56(MHz)の高周波電力を供給した場合のプラズマのリアクタンスは、真空の誘電率を $8.854 \times 10^{-12}$ 、シースの比誘電率を1、電極面積を0.032(m<sup>2</sup>)、シース厚さを1(mm)とすると、1つのシースの静電容量は283(pF)となる。したがって、シースの合成静電容量は約142(pF)となり、13.56(MHz)に対し、 $-j82.7(\Omega)$ となる。

【0014】ここで、上記電圧V<sub>D</sub>のピーク間電圧V<sub>DP</sub>と、電圧V<sub>P</sub>のピーク間電圧V<sub>PP</sub>とを比較すると、プラズマに供給される電力を1(KW)、プラズマの内部抵抗を10(Ω)とし、給電線のインダクタンスを100(nH)、500(nH)及び1(μH)と変化させたときの精度を100(V<sub>DP</sub>-V<sub>PP</sub>)/V<sub>DP</sub>(%)により求める。

【0015】その結果、100(nH)のときは-11(%)、500(nH)のときは-102(%)、1(μH)のときは-707(%)となり、明らかにインダクタンスが大きくなる程、精度が悪くなっている。

【0016】本発明の目的は、プラズマ負荷のプラズマの状態の監視に際し、プラズマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度を向上させたプラズマ監視装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、高周波電源からインピーダンス変換回路を介して電力が供給されているプラズマ負荷のプラズマの状態を監視するプラズマ監視装置に係わるものである。

【0018】請求項1に記載の発明は、インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧を検出する電圧検出部と、インピーダンス変換回路の負荷側端での電流を検出する電流検出部と、電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、電圧と電流と位相差とからインピーダンス変換回路の負荷側端よりプラズマ負荷側を見たインピーダンスを第2の入力インピーダンスとして演算する第2の入力インピーダンス演算部と、インピーダンス変換回路の負荷側端とプラズマ負荷との間をつなぐ給電線のインピーダンス及び第2の入力インピーダンスからプラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたものである。

【0019】請求項2に記載の発明は、プラズマ負荷のインピーダンス及び電流からプラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えたものである。

【0020】上記の請求項1及び請求項2の発明においては、プラズマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度に影響を及ぼす給電線のインピーダンスを考慮するようにしたので、上記の計測精度が向上する。また、プラズマ負荷に近い箇所で電圧、電流を検出して

いるので、演算誤差が小さくなる。

【0021】請求項3に記載の発明は、インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧を検出する電圧検出部と、インピーダンス変換回路の負荷側端での電流を検出する電流検出部と、電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、電圧と電流と位相差とからインピーダンス変換回路の負荷側端とプラズマ負荷との間をつなぐ給電線の負荷側端での電圧及び電流を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部と、給電線の負荷側端での電圧及び電流からプラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたものである。

【0022】上記の請求項3の発明においては、給電線のインピーダンスを測定しなくてもよいので、プラズマ負荷のインピーダンスが効率よく計測される。また、プラズマ負荷に近い箇所で電圧、電流を検出しているため、演算誤差が小さくなる。

【0023】請求項4に記載の発明は、インピーダンス変換回路の電源側端での電圧を検出する電圧検出部と、インピーダンス変換回路の電源側端での電流を検出する電流検出部と、電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、電圧と電流と位相差とからインピーダンス変換回路の電源側端よりプラズマ負荷側を見たインピーダンスを第1の入力インピーダンスとして演算する第1の入力インピーダンス演算部と、インピーダンス変換回路を構成する素子の定数及び第1の入力インピーダンスからインピーダンス変換回路の負荷側端より負荷側を見たインピーダンスを第2の入力インピーダンスとして演算する第2の入力インピーダンス演算部と、インピーダンス変換回路の負荷側端とプラズマ負荷との間をつなぐ給電線のインピーダンス及び第2の入力インピーダンスからプラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたものである。

【0024】請求項5に記載の発明は、電圧、電流及びインピーダンス変換回路を構成する素子の定数からインピーダンス変換回路の負荷側端での電流を演算するインピーダンス変換回路負荷側端電流演算部と、プラズマ負荷のインピーダンス及びインピーダンス変換回路の負荷側端での電流からプラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えたものである。

【0025】上記の請求項4及び請求項5の発明においては、プラズマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度に影響を及ぼす給電線のインピーダンスを考慮するようにしたので、上記の計測精度が向上する。また、検出精度の高い箇所で電圧、電流を検出しているため、プラズマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度がさらに向上する。

【0026】請求項6に記載の発明は、インピーダンス変換回路の電源側端での電圧を検出する電圧検出部と、インピーダンス変換回路の電源側端での電流を検出する

電流検出部と、電圧と電流との位相差を検出する位相差検出部と、電圧と電流と位相差とからインピーダンス変換回路の電源側端よりプラズマ負荷側を見たインピーダンスを第1の入力インピーダンスとして演算する第1の入力インピーダンス演算部と、インピーダンス変換回路を構成する素子の定数及び第1の入力インピーダンスからインピーダンス変換回路の負荷側端よりプラズマ負荷側を見たインピーダンスを第2の入力インピーダンスとして演算する第2の入力インピーダンス演算部と、電圧と電流と位相差とから高周波電源の有効電力を演算する実効電力演算部と、第2の入力インピーダンス及び有効電力からインピーダンス変換回路の負荷側端での電圧及び電流を演算するインピーダンス変換回路負荷側端電圧・電流演算部と、インピーダンス変換回路の負荷側端での電圧及び電流からインピーダンス変換回路の負荷側端とプラズマ負荷との間をつなぐ給電線の負荷側端での電圧及び電流を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部と、給電線の負荷側端での電圧及び電流からプラズマ負荷のインピーダンスを演算するプラズマインピーダンス演算部を備えたものである。

【0027】請求項7に記載の発明は、給電線の負荷側端での電圧からプラズマ負荷のピーク間電圧を演算するプラズマピーク間電圧演算部をさらに備えたものである。

【0028】上記の請求項7の発明においては、給電線のインピーダンスを測定しなくてもよいので、プラズマ負荷のピーク間電圧が効率よく計測される。また、検出精度の高い箇所電圧、電流を検出しているため、プラズマ負荷のピーク間電圧の計測精度がさらに向上する。

【0029】

【発明の実施の形態】<第1の実施形態>図1は本発明に係るプラズマ監視装置の第1の実施形態を示す回路図である。同図において、1は電源、2は同軸ケーブル、3はインピーダンス変換回路（以下、変換回路という）、4は給電線、5はプラズマ負荷（以下、負荷という）である。この変換回路3は、負荷5に高周波電力を供給する際に従来から用いられている自動インピーダンス整合器である。

【0030】変換回路3は、図11に示したものと同様に、第1の可変コンデンサC11と、第2の可変コンデンサC22と、タップを選択することによりインダクタンスの調整が可能なコイルL11とを備えている。第1及び第2の可変コンデンサC11及びC22のそれぞれの容量を調節する調節部（操作軸）は、モータを駆動源とした図示しない操作機構に連結されている。また各可変コンデンサの操作子を駆動するモータを制御する図示しない制御部が設けられていて、該制御部により可変コンデンサC11及びC22の操作子の回転を制御することにより、それぞれの可変コンデンサの容量を調整できるようになっている。

【0031】変換回路3の負荷側端には、それぞれ負荷側端の電圧V2を検出する電圧検出部3B1と、電流I2を検出する電流検出部3B2及び負荷側端の電圧と電流との位相差θ2を検出する位相差検出部3B3を有する負荷側検出器3Bが設けられている。

【0032】変換回路3を構成する素子の定数は、第1及び第2の可変コンデンサC11及びC22の容量C1、C2と、コイルL11のインダクタンスL1とである。これらの内、インダクタンスL1は既知であるが、インピーダンス調節手段である第1及び第2の可変コンデンサC11及びC22の容量は随時変化する。そこで、可変コンデンサC11及びC22の容量を演算するため、可変抵抗器VR1及びVR2を設け、これらの可変抵抗器の滑動子を可変コンデンサC11及びC22の操作子と連動するようにそれぞれの可変コンデンサの操作子の駆動機構に連結している。可変抵抗器VR1及びVR2の両端には一定の直流電圧を印加してあり、可変抵抗器VR1及びVR2の滑動子と接地間にそれぞれコンデンサC11及びC22の操作子の位置（回転角）に相応した位置検出信号Ep1及びEp2を得るようにしており、この可変抵抗器VR1及びVR2によりインピーダンス調節手段の調節部の位置を検出する調節位置検出器6が構成される。

【0033】検出電圧V2、検出電流I2、位相差θ2及び位置検出信号Ep1、Ep2はアナログ/デジタルコンバータ（A/Dコンバータ）20に入力されてデジタル信号に変換され、それぞれのデジタル信号がコンピュータ21に入力されている。

【0034】コンピュータ21では、プラズマインピーダンス及びプラズマピーク間電圧を演算し、その結果をディスプレイ装置25に表示する。

【0035】図2は本発明に係るプラズマ監視装置の第1の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図であり、コンピュータ21は、測定された給電線4のインピーダンスZs\*を入力する給電線インピーダンス測定値入力部21aと、検出電圧V2、検出電流I2及び位相差θ2から給電線の入力インピーダンスZ2\*を演算する給電線入力インピーダンス演算部21bとを有している。また、上記給電線のインピーダンスZs\*及び給電線入力インピーダンス（第2の入力インピーダンス）Z2\*からプラズマ負荷5のインピーダンスZp\*を演算するプラズマインピーダンス演算部21cと、上記検出電流I2及びプラズマ負荷のインピーダンスZp\*からプラズマ負荷のピーク間電圧Vppを演算するプラズマピーク間電圧演算部21dと、上記プラズマ負荷のインピーダンスZp\*及びピーク間電圧Vppを表示する表示指令部21eとを有している。なお、“\*”は複素数であることを示している。

【0036】図3は第1の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【0037】給電線インピーダンス測定値入力部21aには、インピーダンスアナライザにより測定された給電線インピーダンス $Z_s^*$ が入力される(ステップS1)。なお、この給電線は、抵抗分が無視でき、リアクタンス分としてのインダクタンス $L_s$ のみとなる。また、このインピーダンスは、電極5b1、5b2間を短絡して測定される。

【0038】給電線入力インピーダンス演算部21bで

$$Z_2 = V_2 / I_2$$

【0039】ついで、上記インピーダンスの絶対値 $Z_2$ 及び位相差 $\theta_2$ から給電線入力インピーダンス $Z_2^*$ を求める(ステップ4)。このインピーダンス $Z_2^*$ の抵抗

$$R_2 = Z_2 \cdot \cos \theta_2$$

$$X_2 = Z_2 \cdot \sin \theta_2$$

【0040】プラスマイナスインピーダンス演算部21cでは、上記抵抗 $R_2$ 、リアクタンス $X_2$ 及び給電線のリアクタンス $\omega L_s$ ( $\omega$ :角周波数)から給電線4の負荷側より負荷側を見たインピーダンスをプラスマイ

$$R_P = R_2$$

$$X_P = X_2 - \omega L_s$$

【0041】プラスマイク間電圧演算部21dでは、まず(4)、(5)式で得られた $R_P$ 、 $X_P$ からプラス

$$Z_P = \{R_2^2 + (X_2 - \omega L_s)^2\}^{1/2}$$

【0042】つぎに、上記検出電流 $I_2$ 及びプラスマイクインピーダンスの絶対値 $Z_P$ からプラスマイク間電圧 $V$

$$V_{PP} = Z_P \cdot I_2 \cdot Z_P$$

【0043】表示指令部21eでは、プラスマイクインピーダンス $Z_P^*$ 及びプラスマイク間電圧 $V_{PP}$ の表示指令を出し(ステップS8)、再度、ステップS2に戻る。

【0044】<第2の実施形態>図4は本発明に係るプラズマ監視装置の第2の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。なお、本実施形態を示す回路図は第1の実施形態と同じであるので省略する。

【0045】コンピュータ22は、検出電圧 $V_2$ 、検出電流 $I_2$ 及び位相差 $\theta_2$ から給電線4の負荷側端電圧 $V_3^*$ 及び電流 $I_3^*$ を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部22aを有している。また、上記給電線の負荷側端電圧 $V_3^*$ 及び電流 $I_3^*$ からプラズマ負荷5のインピーダンス $Z_P^*$ を演算するプラスマイクインピーダンス演算部22bと、上記給電線の負荷側端電圧 $V_3^*$ から

$$V_2^* = Z_2 / I_2 \cdot V_2 \cdot e^{j\omega t}$$

$$I_2^* = Z_2 / I_2 \cdot I_2 \cdot e^{j(\omega t - \theta_2)}$$

【0048】つぎに、給電線を4端子網として取扱い、この負荷側端電圧 $V_3^*$ 及び電流 $I_3^*$ を求める(ステップS3)。上記電圧 $V_2^*$ 及び電流 $I_2^*$ は、4端子定数 $A_2$ 、 $B_2$ 、 $C_2$ 、 $D_2$ と、負荷側端電圧 $V_3^*$ 及

$$\begin{bmatrix} V_2^* \\ I_2^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_2 & D_2 \\ C_2 & B_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_3^* \\ I_3^* \end{bmatrix}$$

は、まず検出器3Bの出力である検出電圧 $V_2$ 、検出電流 $I_2$ 及び位相差 $\theta_2$ を読み込み(ステップS2)、つぎに変換回路3の負荷側端よりプラスマイク側を見たインピーダンス、すなわち給電線4の電源側端より負荷側を見たインピーダンスを給電線入力インピーダンス $Z_2^*$ とし、上記 $V_2$ 、 $I_2$ からこの入力インピーダンスの絶対値 $Z_2$ を(1)式により求める(ステップ3)。

$$\dots (1)$$

抵抗分を $R_2$ 、リアクタンス分を $X_2$ とし、 $Z_2^* = R_2 + jX_2$ とおくと、 $R_2$ 及び $X_2$ は(2)、(3)式で与えられる。

$$\dots (2)$$

$$\dots (3)$$

インピーダンス $Z_P^*$ として求める(ステップS5)。このインピーダンス $Z_P^*$ の抵抗分を $R_P$ 、リアクタンス分を $X_P$ とし、 $Z_P^* = R_P + jX_P$ とおくと、 $R_P$ 及び $X_P$ は(4)、(5)式で与えられる。

$$\dots (4)$$

$$\dots (5)$$

インピーダンスの絶対値 $Z_P$ を(6)式により求める(ステップS6)。

$$\dots (6)$$

$V_{PP}$ を(7)式により求める(ステップS7)。なお、 $I_2$ は実効値としている。

$$\dots (7)$$

プラズマ負荷のピーク間電圧 $V_{PP}$ を演算するプラスマイク間電圧演算部22cと、上記プラズマ負荷のインピーダンス $Z_P^*$ 及びピーク間電圧 $V_{PP}$ を表示する表示指令部22dとを有している。

【0046】図5は第2の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【0047】給電線負荷側端電圧・電流演算部22aでは、まず検出器3Bの出力である検出電圧 $V_2$ 、検出電流 $I_2$ 及び位相差 $\theta_2$ を読み込み(ステップS1)、 $V_2$ 、 $I_2$ 及び $\theta_2$ から給電線の電源側端電圧 $V_2^*$ 及び電流 $I_2^*$ を求める(ステップS2)。この $V_2^*$ 、 $I_2^*$ は、 $V_2$ 、 $I_2$ を実効値とすると、(8)、(9)式で与えられる。

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

負荷側端電流 $I_3^*$ とを用いて、(10)式で表わされる。

【0049】

$$\dots (10)$$

【0050】(10)式は $V2^*$ 、 $I2^*$ に4端子定数の逆行列を乗じると、(11)式で表わされる。

$$\begin{bmatrix} V3^* \\ I3^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ A2 D2 & B2 C2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D1 & -B1 \\ -C1 & A1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V1^* \\ I1^* \end{bmatrix} \quad \dots (11)$$

【0052】給電線の負荷側端電圧 $V3^*$ 及び電流 $I3^*$ は、(11)式から(12)、(13)式により求められる。なお、 $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 、 $D2$ は下記に示すよ

$$\begin{aligned} V3^* &= \{1 / (A2 D2 - B2 C2)\} (D2 V2^* - B2 I2^*) \quad \dots (12) \\ I3^* &= \{1 / (A2 D2 - B2 C2)\} (-C2 V2^* + A2 I2^*) \quad \dots (13) \end{aligned}$$

【0053】プラスマイナスピーダンス演算部22bでは、(12)、(13)式で得られた給電線の負荷側端

$$ZP^* = V3^* / I3^*$$

【0054】プラスピーク間電圧演算部22cでは、(12)式で得られた $V3^*$ からその最大値 $V3^*$ を求

$$VPP = 2 \cdot V3^*$$

【0055】表示指令部22dでは、プラスマイナスピーダンス $ZP^*$ 及びプラスピーク間電圧 $VPP$ の表示指令を出し(ステップS6)、再度、ステップS1に戻る。

【0056】上記4端子定数 $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 、 $D2$ は、例えば下記のように求めることができる。まず、抵抗値が既知の抵抗 $R$ を電極Sb1、Sb2間に接続し、給電線4の電源側端より負荷側を見たインピーダンス $Z2$ を、インピーダンスアナライザを用いて測定する。

【数3】

$$\begin{bmatrix} V11 \\ I11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A2 & B2 \\ C2 & D2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V11 \\ I11 \end{bmatrix}$$

【0059】上記(16)式の $I22$ 、 $I33$ は、それぞれ $I22 = V22 / Z22$ 、 $I33 = V33 / R$ であるので、(17)式のように変形できる。

【数4】

$$\begin{bmatrix} V12 \\ V12 / Z22 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A2 & B2 \\ C2 & D2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V33 \\ V11 / R \end{bmatrix}$$

【0061】上記(17)式を展開すると、(18)、

$$\begin{aligned} V22 &= (A2 + B2 / R) V33 \\ V22 / Z22 &= (C2 + D2 / R) V33 \end{aligned}$$

【0062】上記(18)、(19)式において、抵抗 $Ra$ を接続したときのインピーダンスを $Z2a$ 、入力電圧を $V2a$ 、出力電圧を $V3a$ とし、抵抗 $Rb$ を接続したときのインピーダンスを $Z2b$ 、入力電圧を $V2b$ 、出力電圧を

【数5】

$$\begin{aligned} V2a &= (A2 + B2 / Ra) V3a \\ V2a / Z2a &= (C2 + D2 / Ra) V3a \\ V2b &= (A2 + B2 / Rb) V3b \\ V2b / Z2b &= (C2 + D2 / Rb) V3b \end{aligned}$$

【0064】上記(20)式から $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 、 $D$

$$\begin{aligned} A2 &= \{1 / (Rb - Ra)\} (V2a / V3a) \cdot Ra \\ &\quad + (V2b / V3b) \cdot Rb \\ B2 &= \{(V2a / V3a) - (V2b / V3b)\} \cdot Ra \end{aligned} \quad \dots (21)$$

【0051】

うに、それぞれ(21)、(22)、(23)及び(24)式により求めたものである。

電圧 $V3^*$ 及び電流 $I3^*$ からプラスマイナスピーダンス $ZP^*$ を(14)式により求める(ステップS4)。

【数14】

め、プラスピーク間電圧 $VPP$ を(15)式により求める(ステップS5)。

【数15】

【0057】つぎに、給電線の電源側端に所定の電圧を有する高周波信号源を接続し、入力電圧 $V22$ 及び出力電圧(電極間電圧) $V33$ を測定する。このときの入力電流を $I22$ 、出力電流を $I33$ とすると、 $V22$ 、 $I22$ は4端子定数 $A2$ 、 $B2$ 、 $C2$ 、 $D2$ 及び $V33$ 、 $I33$ を用いて、(16)式で表わされる。

【0058】

【数16】

【0060】

【数17】

(19)式になる。

【数18】

【数19】

$V3b$ とすると、以下の連立方程式(20)が得られる。

【0063】

【数20】

2が求められる。



$$\begin{aligned}
 & \{ 1 / (R_b - R_a) \} \cdot R_b \quad \dots (22) \\
 C2 = & \{ 1 / (R_b - R_a) \} \cdot (-V2a / V3a \cdot Z2a) \cdot R_a + \\
 & (V2b / V3b \cdot Z2b) \cdot R_b \quad \dots (23) \\
 D2 = & [ \{ (V2a / V3a - Z2a) \} - (V2b / V3b \cdot Z2b) ] \cdot R_a \cdot \\
 & \{ 1 / (R_b - R_a) \} \cdot R_b \quad \dots (24)
 \end{aligned}$$

【0065】<第3の実施形態>図6は本発明に係るプラズマ監視装置の第3の実施形態を示す回路図であり、1は電源、2は同軸ケーブル、3は変換回路、4は給電線、5は負荷、20はA/Dコンバータ、23はコンピュータ、25はディスプレイ装置である。

【0066】本実施形態では、変換回路3の電源側端に、それぞれ電源側端での電圧V1を検出する電圧検出部3A1、電流I1を検出する電流検出部3A2及び電源側端での電圧と電流との位相差θ1を検出する位相差検出部3A3を有する電源側検出器3Aを設けている。

【0067】図7は本発明に係るプラズマ監視装置の第3の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図であり、コンピュータ23は、変換回路3の構成素子の内、既知のインピーダンスZL\*を入力する変換回路既知インピーダンス入力部23aと、測定された給電線4のインピーダンスZS\*を入力する給電線インピーダンス測定値入力部23bとを有している。また、検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1から変換回路の入カインピーダンスZ1\*を演算する変換回路入力インピーダンス演算回路23cと、位置検出信号EP1、EP2から変換回路の構成素子の内、調節用のインピーダンスZC1\*、ZC2\*を演算する変換回路調節用インピーダンス演算部23dとを有している。さらに、上記変換回路の既知のインピーダンスZL\*、入力インピーダンスZ1\*及び調節用のインピーダンスZC1\*、ZC2\*から給電線の入カインピーダンス(第2の入カインピーダンス)Z2\*を演算する給電線入力インピーダンス演算部23e、上記給電線のインピーダンスZS\*と入力イ

ンピーダンスZ2\*とからプラズマ負荷のインピーダンスZP\*を演算するプラズマインピーダンス演算部23fと、上記検出電圧V1、検出電流I1及び調節用のインピーダンスZC1から変換回路の負荷側端電流I2'を演算する変換回路負荷側端電流演算部23gと、上記プラズマ負荷のインピーダンスZP\*及び変換回路の負荷側端電流I2'からプラズマ負荷のピーク間電圧VPPを演算するプラズマピーク間電圧演算部23hと、上記プラズマ負荷のインピーダンスZP\*及びピーク間電圧VPPを表示する表示指令部23iとを有している。

【0068】図8は第3の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【0069】変換回路既知インピーダンス値入力部23aには、タップ選択された既知のインダクタンスL1によるインピーダンスZL\*としてリアクタンスωL1(ω:角周波数)が入力され(ステップS1)、給電線インピーダンス測定値入力部23bには、測定された給電線のインピーダンスZS\*としてリアクタンスωLSが入力される(ステップS1)。

【0070】変換回路入力インピーダンス演算部23cでは、まず検出器3Aの出力である検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1を読み込み(ステップS2)、つぎに変換回路の電源側端より負荷側を見たインピーダンスを換算回路入力インピーダンス(第1の入カインピーダンス)Z1\*とし、上記V1、I1からこの入力インピーダンスの絶対値Z1を(25)式により求める(ステップ3)。

$$Z1 = V1 / I1$$

【0071】ついで、上記インピーダンスの絶対値Z1及び位相差θ1から変換回路入力インピーダンスZ1\*を求める(ステップS4)。このインピーダンスZ1\*

$$\begin{aligned}
 R1 &= Z1 \cdot \cos \theta 1 \\
 X1 &= Z1 \cdot \sin \theta 1
 \end{aligned}$$

【0072】変換回路調節用インピーダンス演算部23dでは、まず調節位置検出器6の出力である位置検出信号EP1、EP2を読み込み(ステップS5)、つぎに位置検出信号から調節用コンデンサC11、C22の容量C1、C2を求め(ステップS6)、ついでその結果に基づいてコンデンサC11、C22のそれぞれのリアクタンスXC1、XC2を求める(ステップS7)。

【0073】給電線入力インピーダンス演算部23eでは、変換回路3の負荷側端よりプラズマ負荷5側を見たインピーダンス、すなわち給電線の電源側端より負荷側

$$\dots (25)$$

の抵抗分をR1、リアクタンス分をX1とし、Z1\* = R1 + jX1とおくと、R1及びX1は(26)、(27)式で与えられる。

$$\dots (26)$$

$$\dots (27)$$

を見たインピーダンスを給電線入力インピーダンスZ2\*として求める(ステップS8)。

【0074】このインピーダンスZ2\*をZ2\* = R2 + jX2において、R2及びX2を未知数とし、上記入力インピーダンスZ1\*の抵抗分R1及びリアクタンス分X1と、変換回路3の構成素子のリアクタンスXC1、XC2及びXL1とを既知数として、R2及びX2を求める。これらR2及びX2はそれぞれ(28)、(29)式により与えられる。

$$R2 = R1 \cdot (XC1)^2 / B$$

$$\dots (28)$$

$$X2 = \{R12 \cdot XC1 + (X1 + XC1) \cdot XC1 \cdot X1\} / B + (XC2 - XL1) \quad \dots (29)$$

但し、 $B = R12 + (X1 + XC1)2$

【0075】プラスマイナスインピーダンス演算部23fでは、第1の実施形態と同様に、上記抵抗分R2、リアクタンス分X2及び給電線のリアクタンスωLsから給電線の負荷側端より負荷側を見たインピーダンスをプラスマイナスインピーダンスZP\*として(4)、(5)式により

$$I2' = I1 - XC1 \cdot V1$$

【0077】プラスピーク間電圧演算部23hでは、まず上記RP、XPからプラスマイナスインピーダンスの絶対値ZPを(6)式により求め(ステップS11)、つぎ

$$VPP = 2 \cdot 2^{1/2} \cdot I2' \cdot ZP$$

【0078】表示指令部23iでは、プラスマイナスインピーダンスZP\*及びプラスピーク間電圧VPPの表示指令を出し(ステップS13)、再度、ステップS2に戻る。

【0079】<第4の実施形態>図9は本発明に係るプラズマ監視装置の第4の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。なお、本実施形態を示す回路図は第3の実施形態と同じであるので省略する。

【0080】コンピュータ24は、変換回路3の構成素子の内、既知のインピーダンスZL\*を入力する変換回路既知インピーダンス入力部24aと、検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1から変換回路の入カインピーダンスZ1\*を演算する変換回路入力インピーダンス演算部24bと、位置検出信号EP1、EP2から変換回路の構成素子の内、調節用のインピーダンスZC1\*、ZC2\*を演算する変換回路調節用インピーダンス演算部24cとを有している。また、上記変換回路の既知のインピーダンスZL\*、入力インピーダンスZ1\*及び調節用のインピーダンスZC1\*、ZC2\*から給電線の入カインピーダンス(第2の入カインピーダンス)Z2\*を演算する給電線入力インピーダンス演算部24dと、検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1から高周波電源1の有効電力Pを演算する有効電力演算部24eとを有している。さらに、上記給電線入力インピーダンスZ2\*及び有効電力Pから変換回路3の負荷側端電圧V2\*及び電流I2\*を演算する変換回路負荷側端電圧・電流演算部24fと、上記負荷側端電圧V2\*及び電流I2\*から給電線4の負荷側端電圧V3\*及び電流I3\*を演算する給電線負荷側端電圧・電流演算部24gと、上記給電線の負荷側端電圧V3\*及び電流I3\*からプラ

$$P = V1 \cdot I1 \cdot \cos \theta 1$$

【0084】変換回路負荷側端電圧・電流演算部24fでは、変換回路3のロスを等とすると、変換回路3の負荷側端電圧V2\*及び電流I2\*は、給電線入力イン

$$I2* = (P/R2)^{1/2} \\ V2* = (P/R2)^{1/2} \cdot Z2*$$

求める(ステップS9)。

【0076】変換回路負荷側端電流演算部23gでは、上記検出電圧V1、検出電流I1及び調節用コンデンサC11のリアクタンスXC1から変換回路の負荷側端電流I2'を(30)式により求める(ステップS10)。なお、V1、I1は実効値としている。

$$\dots (30)$$

に上記I2'及びZPからプラスピーク間電圧VPPを(31)式により求める(ステップS12)。

$$\dots (31)$$

スマ負荷のインピーダンスZP\*を演算するプラスマイナスインピーダンス演算部24hと、上記給電線の負荷側端電圧V3\*からプラスマ負荷のピーク間電圧VPPを演算するプラスピーク間電圧演算部24iと、上記プラスマ負荷のインピーダンスZP\*及びピーク間電圧VPPを表示する表示指令部24jとを有している。

【0081】図10は第4の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラム・のアルゴリズムを示すフローチャートである。なお、ステップS1からステップS8までは図8と同様である。ただし、ステップS1では変換回路既知インピーダンスZL\*の入力のみである。

【0082】変換回路既知インピーダンス値入力部24aには、タップ選択された既知のインダクタンスL1によるインピーダンスZL\*が入力され(ステップS1)、変換回路入力インピーダンス演算部24bでは、まず検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1を読込み(ステップS2)、つぎに変換回路入力インピーダンスの絶対値Z1を求め(ステップS3)、ついで変換回路入力インピーダンスZ1\*を求める(ステップS4)。変換回路調節用インピーダンス演算部24cでは、まず位置検出信号EP1、EP2を読込み(ステップS5)、つぎに位置検出信号から調節用コンデンサC11、C22の容量C1、C2を求め(ステップS6)、ついでその結果に基づいてコンデンサC11、C22のそれぞれのリアクタンスXC1、XC2を求める(ステップS7)。給電線入力インピーダンス演算部24dでは、給電線入力インピーダンスZ2\*を求める(ステップS8)。

【0083】有効電力演算部24eでは、ステップS2で読込まれた検出電圧V1、検出電流I1及び位相差θ1から高周波電源1の有効電力Pを(32)式により求める(ステップS9)。

$$\dots (32)$$

ーダンスZ2\* = R2 + jX2を用いて、(33)、(34)式により求める(ステップS10)。

$$\dots (33)$$

$$\dots (34)$$

)

【0085】給電線負荷側端電圧・電流演算部24eでは、第2の実施形態と同様に、給電線4を4端子網として取扱い、上記変換回路の負荷側端電圧 $V2^*$ 及び電流 $I2^*$ から給電線の負荷側端電圧 $V3^*$ 及び電流 $I3^*$ を求める(ステップS11)。

【0086】プラスマイナスピーダンス演算部24fでは、給電線の負荷側端電圧 $V3^*$ 及び電流 $I3^*$ からプラスマイナスピーダンス $ZP^*$ を(14)式により求める(ステップS12)。

【0087】プラスマピーク間電圧演算部24iでは、給電線の負荷側端電圧 $V3^*$ からプラスマピーク間電圧 $VPP$ を(15)式により求める(ステップS13)。

【0088】表示指令部24jでは、プラスマイナスピーダンス $ZP^*$ 及びプラスマピーク間電圧 $VPP$ の表示指令を出し(ステップS14)、再度、ステップS2に戻る。

【0089】上記の実施形態に用いた変換回路は、出力のインピーダンスを変換するものであって、その構成素子の定数が既知のもの、またその定数を知得のものであればよく、この変換回路として種々の回路を用いることができる。

【0090】また、給電線4のインピーダンス $ZS^*$ は、インピーダンスアナライザにより得ているが、例えば電磁界シミュレータにより算出することができる。

【0091】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、プラスマ負荷のインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度を向上させたので、半導体プロセスにおける再現性のモニタリングツールとして使用できる。また、エッチング、アッシング等のプロセスのエンドポイントモニタとして使用できる。さらに、チャンバ内の不安定放電、異常放電等の異常を検出することができる。

【0092】また請求項1、3の発明によれば、プラスマ負荷に近い箇所で電圧、電流を検出しているので、演算誤差を小さくすることができる。

【0093】さらに請求項4、6によれば、検出精度の高い箇所で電圧、電流を検出しているので、プラスマのインピーダンスまたはピーク間電圧の計測精度をさらに向上させることができる。

【0094】また請求項3、6及び請求項7によれば、インピーダンスアナライザを用いることなく、プラスマのインピーダンスまたはピーク間電圧を効率よく計測することができる。

【図3】第1の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図4】本発明に係るプラズマ監視装置の第2の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。

【図5】第2の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図6】本発明に係るプラズマ監視装置の第3の実施形態を示す回路図である。

【図7】本発明に係るプラズマ監視装置の第3の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。

【図8】第3の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図9】本発明に係るプラズマ監視装置の第4の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。

【図10】第4の実施形態におけるコンピュータが実行するプログラムのアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図11】従来の高周波電力から負荷に電力を供給する回路構成を概略的に示した回路図である。

【図12】負荷を模式的に示した図である。

【図13】インピーダンス変換回路の負荷側端より負荷側を見た等価回路を示す図である。

【図14】図13における等価回路の電圧ベクトルを示す図である。

【符号の説明】

1 高周波電源

3 インピーダンス変換回路

3A1, 3B1 電圧検出部

3A2, 3B2 電流検出部

3A3, 3B3 位相差検出部

4 給電線

5 負荷

21a 給電線インピーダンス測定値入力部

21b 給電線入力インピーダンス(第2の入力インピーダンス)演算部

21c プラスマイナスピーダンス演算部

21d プラスマピーク間電圧演算部

21e 表示指令部

22a 給電線負荷側端電圧・電流演算部

22b プラスマイナスピーダンス演算部

22c プラスマピーク間電圧演算部

22d 表示指令部

23a インピーダンス変換回路既知インピーダンス入力部

【図面の簡単な説明】

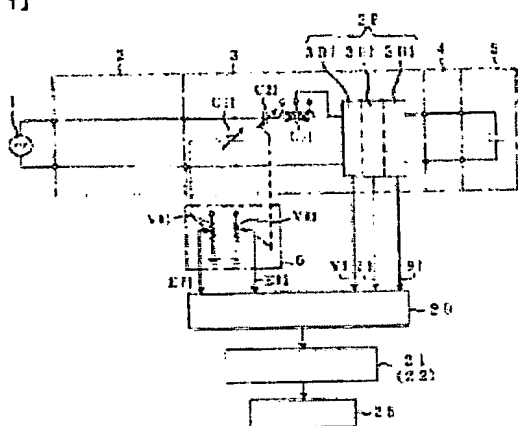
【図1】本発明に係るプラズマ監視装置の第1の実施形態を示す回路図である。

【図2】本発明に係るプラズマ監視装置の第1の実施形態におけるコンピュータの内部機能を示すブロック図である。

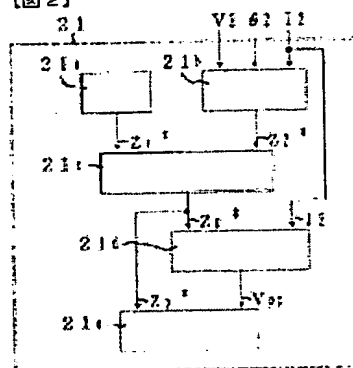
23b 給電線インピーダンス測定値入力部  
 23c インピーダンス変換回路入力インピーダンス  
 (第1の入力インピーダンス) 演算部  
 23d インピーダンス変換回路調節用インピーダンス  
 演算部  
 23e 給電線入力インピーダンス (第2の入力インピー  
 ダンス) 演算部  
 23f プラスマイナスインピーダンス演算部  
 23g インピーダンス変換回路負荷側端電圧演算部  
 23h プラスマピーク間電圧演算部  
 23i 表示指令部  
 24a インピーダンス変換回路既知インピーダンス入  
 力部

24b インピーダンス変換回路入力インピーダンス  
 (第1の入力インピーダンス) 演算部  
 24c インピーダンス変換回路調節用インピーダンス  
 演算部  
 24d 給電線入力インピーダンス (第2の入力インピー  
 ダンス) 演算部  
 24e 有効電力演算部  
 24f インピーダンス変換回路負荷側端電圧・電流演  
 算部  
 24g 給電線負荷側端電圧・電流演算部  
 24h プラスマイナスインピーダンス演算部  
 24i プラスマピーク間電圧演算部  
 24j 表示指令部

【図1】

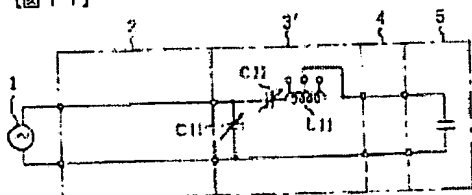


【図2】

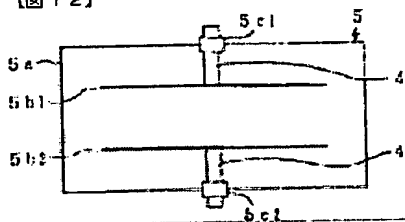


21a : 給電線インピーダンス測定値入力部  
 21b : 給電線入力インピーダンス演算部  
 21c : プラスマイナスインピーダンス演算部  
 21d : プラスマピーク間電圧演算部  
 21e : 表示指令部

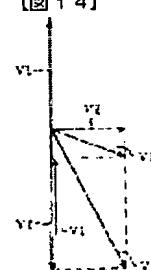
【図11】



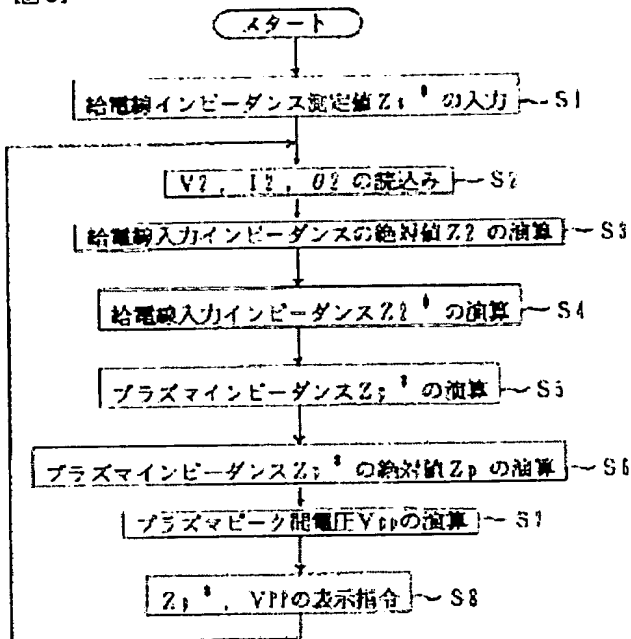
【図12】



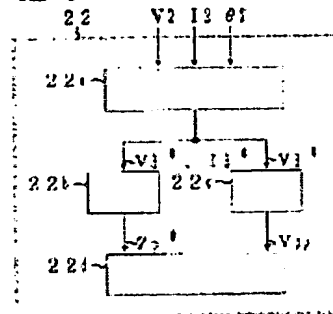
【図14】



【図3】

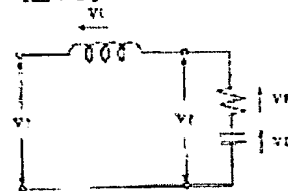


【図4】

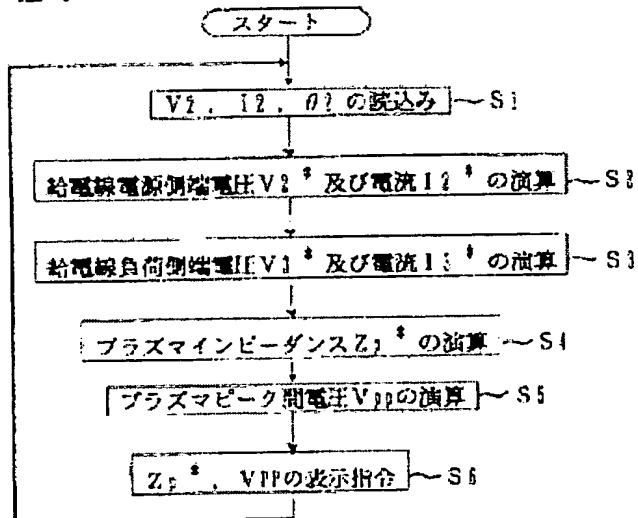


22a : 給電線負荷側電圧・電流演算部  
 22b : プラズマインピーダンス演算部  
 22c : プラズマピーク間電圧演算部  
 22d : 表示指令部

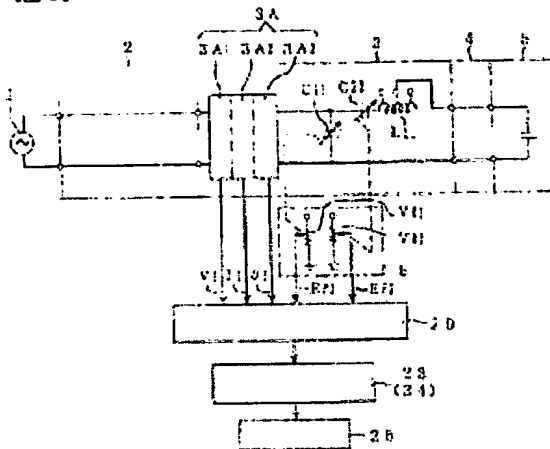
【図13】



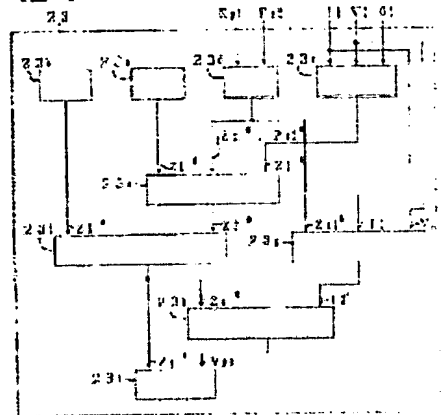
【図5】



【図 6】

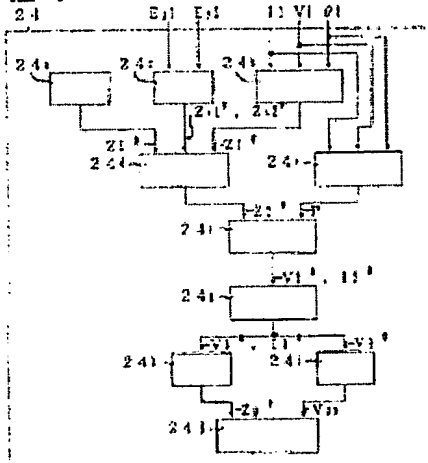


【図 7】



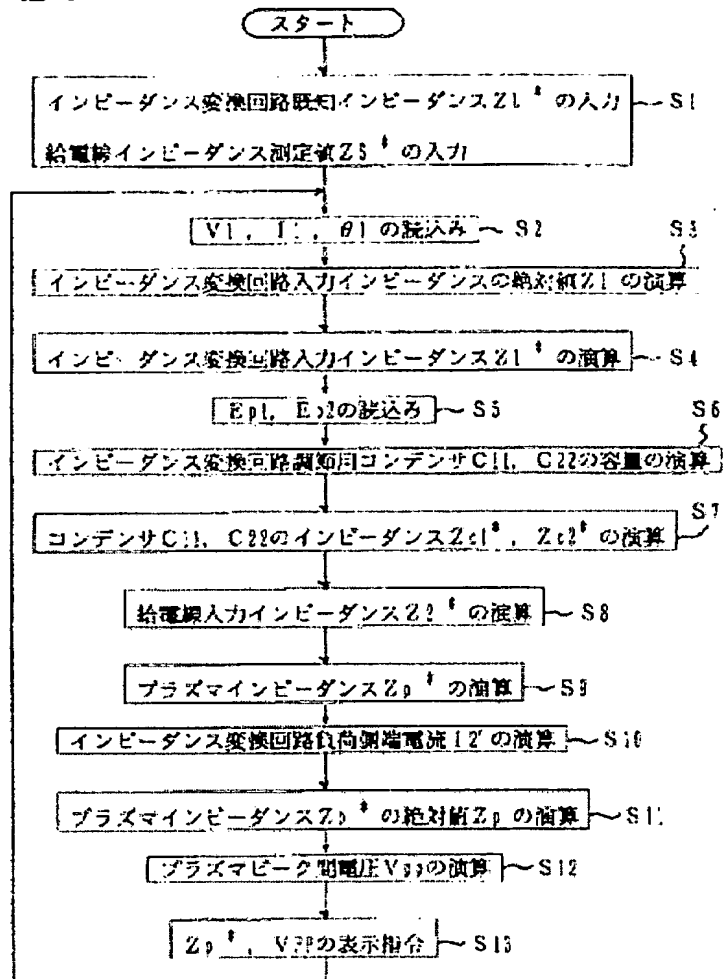
- 231 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 232 : 前電圧インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 233 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 234 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 235 : 前電圧インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 236 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 237 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 238 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 239 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 240 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧

【図 9】

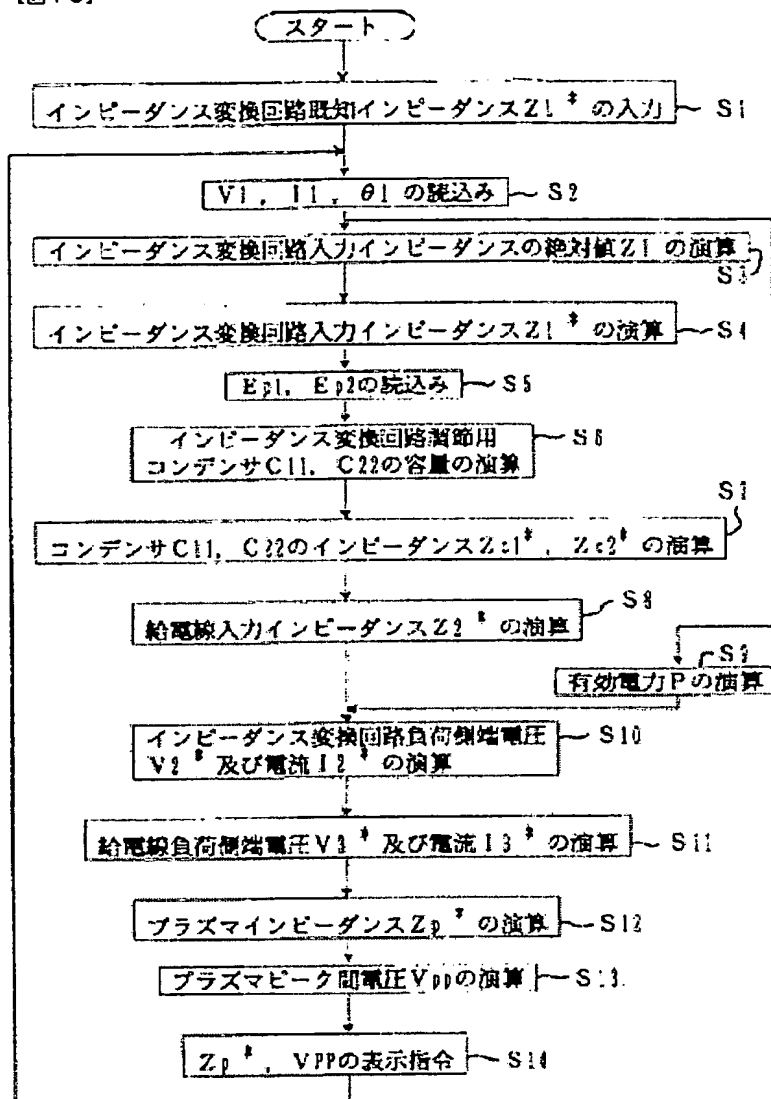


- 241 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 242 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 243 : インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 244 : 前電圧インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 245 : 前電圧インバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 246 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 247 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 248 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 249 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧
- 250 : プラズマインバータ出力電圧検出用インバータ出力電圧

【図 8】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.6  
H05H 1/46

識別記号

F1  
H01L 21/302

B